

O RIO PARAGUAI E
SUA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO
O PANTANAL MATO-GROSSENSE

Débora Fernandes Calheiros
Márcia Divina de Oliveira

O rio Paraguai é o principal tributário da Bacia do Alto Paraguai. Sua extensa área inundável e a de seus afluentes formam o Pantanal Mato-Grossense, uma das maiores áreas úmidas do mundo. O pulso de inundação rege o seu funcionamento hidroecológico, conferindo características biogeoquímicas e ecológicas particulares que sustentam serviços ambientais vitais, como oferta de água e biodiversidade. Contudo, vários impactos ameaçam sua conservação, como o assoreamento dos rios, resultante dos processos erosivos decorrentes de desmatamento e mineração no planalto que circunda a planície pantaneira, o projeto de hidrovía Paraguai-Paraná e a implantação de mais de uma centena de hidrelétricas. A poluição por esgoto associada ao uso excessivo de pesticidas e fertilizantes, bem como a introdução de espécies exóticas são outras ameaças importantes. O efeito sinérgico de todos esses impactos deixa o bioma e seu principal rio vulneráveis, especialmente sob cenários de mudanças climáticas.

Introdução

Desde 1988, o grupo de Limnologia da Embrapa Pantanal tem pesquisado o rio Paraguai, seus principais tributários e sua extensa planície de inundação, o Pantanal Mato-Grossense, pertencentes à Bacia do Alto Paraguai (BAP), com enfoque na bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. A compreensão da principal função de força do sistema BAP/Pantanal, o pulso de inundação anual e interanual como fenômeno responsável pela interação dos processos hidrológicos e ecológicos, tem sido o centro das investigações. Apresentamos aqui, primeiramente, as principais características e os processos hidroecológicos do rio Paraguai, o mais importante canal de drenagem da BAP; em seguida, discutimos as ameaças atuais e potenciais para a sua conservação – especialmente as que influenciam a hidrodinâmica e a interação aquático-terrestre em termos biogeoquímicos, a oferta de habitats e a composição, estrutura e dinâmica de organismos aquáticos.

O Pantanal é declarado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal¹ do país. Em 2000, o bioma foi considerado, pela comissão internacional do Programa O Homem e a Biosfera da UNESCO, como Reserva da Biosfera², tornando-se a terceira maior reserva do mundo no gênero. Há, ainda, o complexo de unidades de conservação do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense – também Patrimônio Natural da Humanidade³ –, além de três sítios Ramsar⁴: o Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense e as duas Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs do SESC Pantanal e da Fazenda Rio Negro. Dada a importância hidroecológica da região, aumenta significativamente para os governos e a sociedade regional e nacional a responsabilidade quanto à implantação de políticas públicas.

A região denominada Pantanal ou planície pantaneira, que compreende as áreas abaixo de 200 metros de altitude, depende sobremaneira das interações com a região do planalto, localizada no entorno do Pantanal, com altitudes acima de 200 metros, compreendendo as nascentes e os divisores da Região Hidrográfica do Paraguai (figura 1) com outras Regiões Hidrográficas brasileiras (Paraná, Tocantins-Araguaia e Amazônica). Portanto, os desafios para promover a gestão regional de águas pressupõem o entendimento das relações entre as funções que ocorrem na planície (Pantanal) e no planalto⁴.

¹ BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. 1988. Disponível em <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/> Acesso em 15 de setembro de 2009.

² UNESCO. *Biosphere Reserve Information – The Pantanal Biosphere Reserve*. MAB – Man and Biosphere Programme. Biosphere Reserves Directory, 2000. Disponível em: <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?code=BRA+03&mode=all>. Acesso em 22 de fevereiro de 2011.

³ UNESCO. *World Heritage by United Nations – Pantanal Conservation Complex on the World Heritage List*. 2000. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/decisions/2428>. Acesso em fevereiro de 2011.

⁴ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 140 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao_publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=161. Acesso em 2 de setembro de 2009.

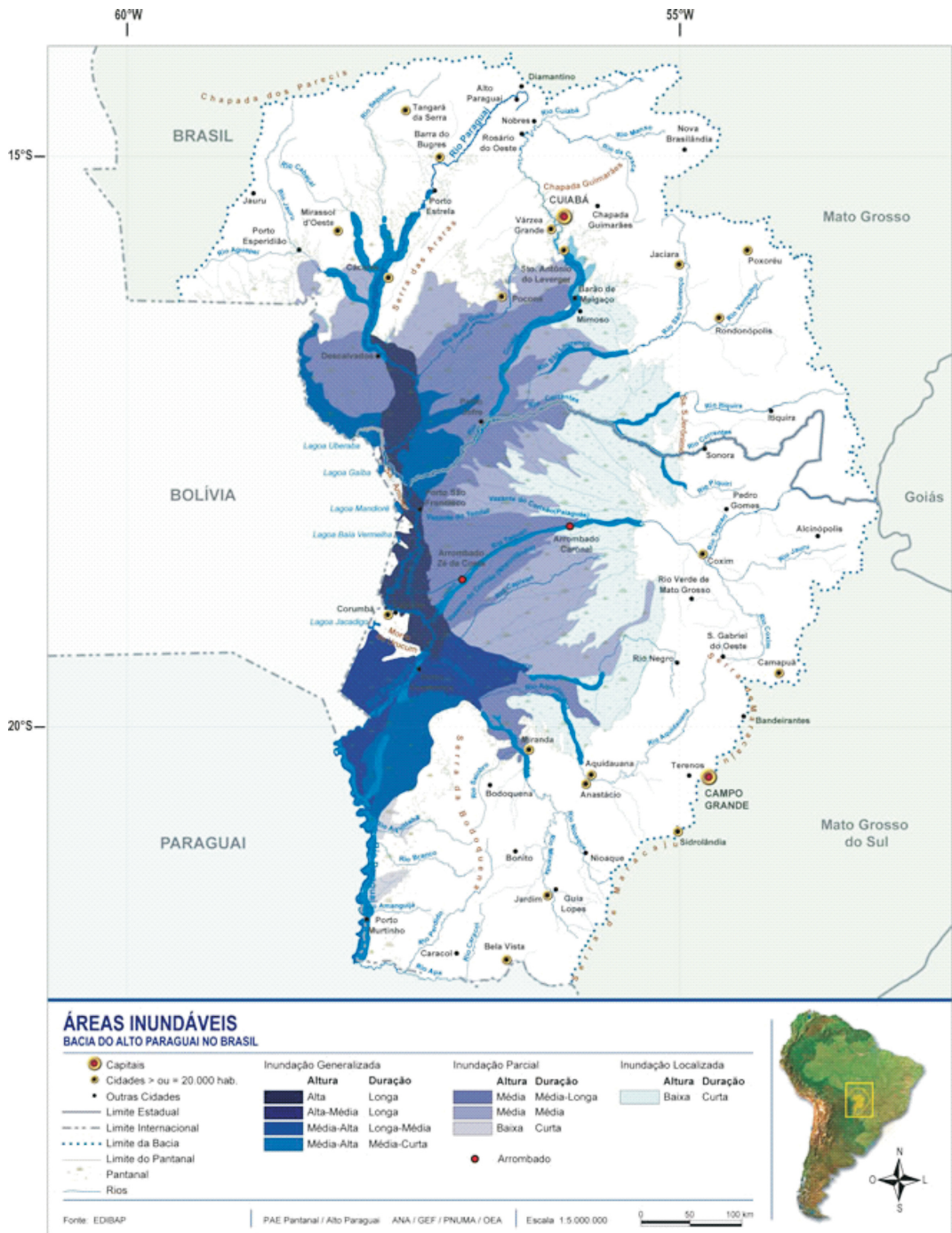


Figura 1: Mapa da Bacia do Alto Paraguai no Brasil. Localização dos principais rios formadores do Pantanal e das áreas de cada sub-bacia sujeitas a inundação e/ou alagamento (identificados por vários tons de azul – vide legenda), além da parte alta do planalto circundante (branco), da região das cabeceiras e do divisor de águas. Vide também as principais cidades pantaneiras e peripantaneiras. Fonte: ANA/GEF/PNUMA/OEA

⁵ BRASIL. *Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai* – EDIBAP. Relatório da Primeira Fase: Descrição Física e Recursos Naturais, t. 2. Brasília: SUDECO/PNUD/OEA, 1979.

⁶ BRASIL. *Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal): PCBAP* – Análise integrada e prognóstico da bacia do Alto Paraguai. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF: PNMA, 1997. 12 v. il.

⁷ ANA. *Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai* – Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Brasília: Agência Nacional de Águas – ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004. Disponível em: <http://www.ana.gov.br> Acesso em 3 de fevereiro de 2011.

⁸ RAMSAR. Ramsar Convention Secretariat. *The annotated Ramsar List of Wetlands of International Importance – Brazil, 2010*. Disponível em: http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-pubs-annolist-annotated-ramsar-16692/main/ramsar/1-30-168%5E16692_4000_0. Acesso em 18 de janeiro de 2011.

⁹ ALHO, C. J. R.; LACHER, T. E. & GONÇALVES, H. C. Environmental degradation in the Pantanal ecosystem. *BioScience*, 38(3)164-171, 1988.
LOURIVAL, R. F. F.; DA SILVA, C. J.; CALHEIROS, D. F. *et al.* Impactos da Hidrovia Paraná-Paraguai na Biodiversidade Pantaneira. Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócioeconômicos do Pantanal, 2. *Anais*. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1999. p. 518-534.
DA SILVA, C. J. Ecological basis for the management of the Pantanal – Upper Paraguay River Basin. In: SMITS,

Todos os estudos realizados na região, como o Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai – EDIBAP⁵, o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP⁶ e o Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai entre 1999-2004⁷, apontam para a mesma direção: a da necessidade de mecanismos especiais de gestão que possam viabilizar produção com conservação. Por seu valor em termos de área úmida de importância internacional, segundo a Convenção Ramsar⁸, e por sua fragilidade, o Pantanal deveria demandar um cuidado especial para se alcançar o desenvolvimento realmente sustentável da região⁹.

Atualmente, com a proposição do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)¹⁰ e dos Planos Estaduais do Mato Grosso (PERH-MT) e do Mato Grosso do Sul (PERH-MS), tem-se uma grande oportunidade de viabilizar a implementação de ações para uma gestão integrada. Caso não o seja, muito provavelmente outras análises serão realizadas, demonstrando, mais uma vez, o quadro progressivo e preocupante dos usos, da degradação e, conseqüentemente, a necessidade de recursos financeiros ainda maiores para a correção dos danos provocados.¹¹

O sistema BAP/Pantanal oferece serviços ambientais que sustentam atividades econômicas na região do planalto, como a disponibilidade de água para atividades agroindustriais e áreas urbanas. Na planície, as atividades tradicionais da sociedade pantaneira – a pesca, pesca turística, o manejo natural das pastagens nativas para a pecuária – bem como a conservação da biodiversidade para o turismo, além da conservação do próprio ecossistema, dependem profundamente da sua saúde ambiental.

Rio Paraguai

1. Hidrologia

O rio Paraguai nasce em território brasileiro e sua região hidrográfica abrange uma área de drenagem de 1.095.000km², sendo 33% no Brasil e o restante na Bolívia, Paraguai e Argentina. Trata-se, portanto, de uma bacia transfronteiriça. A Região Hidrográfica do Paraguai, ou Bacia do Alto Paraguai (BAP), compreende, no território brasileiro, uma área de 362.259km², dos quais 52% correspondem ao Mato Grosso e 48% ao Mato Grosso do Sul. Cerca de 1,9 milhão de pessoas vivem na região, o que equivale a 1% da população do Brasil, sendo 84,7% em áreas urbanas. As cidades de Cuiabá (483 mil habitantes), Várzea Grande, (215 mil habitantes), Rondonópolis (150 mil habitantes) e

A. J. M. et al. (Ed.). *New approaches to river management*. Leiden, Netherlands: Backhuys Publishers, 2000. p. 97-117.

HAMILTON, S. K. Human impacts on hydrology in the Pantanal wetland of South America. *Water Sci. Technol.*, 45:35-44, 2002.

UNU-IAS. *Inter-linkages Approach for Wetland Management: The Case of the Pantanal Wetland*. Proceedings of the Workshop 'Pantanal Wetland: Inter-linkages Approach for Wetland Management – best practices, awareness raising and capacity building', Porto Cercado, Mato Grosso, Brazil, 2003. United Nations University - Institute of Advanced Studies (UNU-IAS) and Federal University of Mato Grosso. Japan: UN-IAS/Report, 2004. 23 p.

HARRIS, M. B.; TOMAS, W.; MOURÃO, G.; DA SILVA, C. J.; GUIMARÃES, E.; SONODA, F. & FACHIM, E. Safeguarding the Pantanal Wetlands: Threats and Conservation Initiatives. *Conservation Biology*, 19:714-720, 2005.

JUNK, W. J. & NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. *Ecological Engineering*, 24:391-401, 2005.

CALBEIROS, D. F.; ARNDT, E.; RODRIGUEZ ORTEGA, E. & SILVA, M. C. A. *Influência de usinas hidrelétricas no funcionamento hidro-ecológico do Pantanal Mato-grossense – Recomendações*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. (Série Documentos – DOC 102). 21 p. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC102.pdf>. Acesso em 11 de fevereiro de 2011.

¹⁰ BRASIL. *Plano Nacional de Recursos Hídricos – Síntese Executiva*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 135 p. Disponível em: <http://www>.

Cáceres (85 mil habitantes), no Mato Grosso, e Corumbá (95 mil habitantes), no Mato Grosso do Sul, são os principais centros populacionais.¹²

O rio Paraguai, principal tributário da BAP, nasce na Chapada dos Parecis, entre as serras de Tapirapuã e Tira Sentido, introduzidas no complexo da Província Serrana e Depressão do rio Paraguai, nos Municípios de Diamantino e Alto Paraguai, no Mato Grosso.¹³ É um dos mais importantes rios de planície do Brasil, com 2.621km de extensão no sentido norte-sul; destes, 1.693km estão em território brasileiro. Nasce em altitudes de 430 e 440 metros que escoam em terrenos com pouca declividade.¹⁴ Incrustado no centro da América do Sul, confere à extensa planície de inundação do Pantanal uma grande variedade de fauna e flora, procedentes de regiões da Amazônia, do Chaco, do Cerrado e da Mata Atlântica, que contribuem para sua diversidade biológica, sustentada pelo regime de todo o sistema fluvial.¹⁵ Quando o nível máximo anual do rio Paraguai em Ladário (MS) é igual ou superior a 4m, considera-se que existe cheia no Pantanal. Quando o nível varia de 4 a 5m, a cheia é pequena; de 5 a 6m, a cheia é normal; acima de 6m, é uma grande cheia. Em anos chuvosos, como aconteceu em 1988 (6,64m – maior marca histórica) e 1995 (6,56m – terceira marca do século), o rio Paraguai, no Pantanal, expande seu leito de inundação, alcançando até 20km de largura.¹⁶

De acordo com os dados do PNRH¹⁷, a Região possui a vazão média de 2.367,61m³/s, e a vazão com permanência de 95% do tempo (Q₉₅) de 785,64m³/s (33% da vazão média), o que representa 1,31% da vazão média brasileira (179.433m³/s) e 0,92% da vazão Q₉₅ (85.495m³/s). Contudo, os rios de maior vazão média não são necessariamente os de maior vazão Q₉₅. Comparativamente às demais, a região do Alto Taquari tem contribuição alta, seguida do Baixo Taquari e São Lourenço, enquanto os rios Miranda, Aquidauana e Apa não possuem contribuição significativa, com cerca de 26m³/s cada. Em relação à vazão específica que representa as regiões mais e menos produtoras de água, a vazão específica no país varia de menos de 2 L/s/km² nas bacias da região semiárida até mais de 40 L/s/km² no noroeste da Região Amazônica, sendo que a média nacional é igual a 21 L/s/km². No caso da Região Hidrográfica do Paraguai, a vazão específica conta com um valor considerado baixo (cerca de 15 L/s/km² – planalto), pois, apesar da abundância de água oriunda da região do planalto, a região do Pantanal não é produtora de água, resultado da baixa contribuição da mesma ao escoamento superficial e da elevada evapotranspiração.

google.com.br/#hl=pt-BR&source=hp&biw=1024&bih=677&q=prnh+cnrh+srh+gov+br&aq=3&aqi=g4&aql=&ooq=prnh+&fp=f926204f2a582070
Acesso em 2 de setembro de 2009.

¹¹ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. Op. cit.

¹² BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. Op. cit.

¹³ CASARIN, R. *Caracterização dos principais vetores de degradação ambiental da bacia hidrográfica Paraguai/Diamantino*. Tese Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2007. 186 p.

¹⁴ BRASIL. *Projeto RADAM-BRASIL*. Folha SE.21 Corumbá. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra; Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 1982. 448 p.

¹⁵ PRANCE, G. T. & SCHALLER, G. B. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Brittonia*, 34:228-251, 1982.

¹⁶ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. Op. cit.

ANA. *Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia...* Op. cit.

¹⁷ BRASIL. *Plano Nacional de Recursos Hídricos...* Op. cit.

¹⁸ ANA. *Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai*. Brasília: Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai. ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004. (Síntese Executiva).

¹⁹ ANA. *Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia...* Op. cit.

²⁰ ANA. *Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia...* Op. cit.

²¹ CARVALHO, N. O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-eco-

Em relação à sazonalidade e ao escoamento superficial, o Plano de Ações Estratégicas da ANA¹⁸ apresenta a distribuição das vazões sazonais entre os anos de 1939 e 2003, demonstrando a influência das estações do ano e do regime de chuvas nesta Região Hidrográfica. Não existe grande variação em relação ao período do ano de maiores e menores vazões nos afluentes do rio Paraguai. Entretanto, o período de maiores e menores vazões é diferenciado em relação aos seus afluentes, o que demonstra a importância que o Pantanal possui na regularização das vazões do rio Paraguai.

Os principais formadores do rio Paraguai são os rios Cuiabá/São Lourenço, Jauru e Sepotuba no Mato Grosso, e os rios Taquari, Miranda/Aquidauana e Apa no Mato Grosso do Sul. No planalto, as vazões específicas atingem entre 13-18 L/s/km², e no Pantanal, em geral são inferiores a 0,5 L/s/km². Na parte norte do Pantanal, a contribuição dos tributários que descem do planalto corresponde a 72% das vazões que chegam ao rio Paraguai. Na parte sul do Pantanal, corresponde a 28%. As contribuições da parte norte do Pantanal são: Alto Paraguai, 27%; Alto e Médio Cuiabá, 20%; São Lourenço, 14%; Correntes-Itiquira-Piquiri, 11%. As contribuições da parte sul do Pantanal são: Alto Taquari, 16%; Negro, 3%; Alto Aquidauana, 5%; e Alto Miranda, 4%.¹⁹

No rio Cuiabá, o principal tributário, as maiores vazões são registradas entre os meses de dezembro (464m³/s) e fevereiro (808m³/s), e as menores entre junho (124m³/s) e agosto (107m³/s), em Cuiabá (MT). O rio Miranda (MS) também apresenta as maiores vazões de dezembro (134m³/s) a fevereiro (144m³/s), e as menores de junho (76,8m³/s) a agosto (40,2m³/s). As maiores vazões do rio Paraguai (2.950m³/s) ocorrem entre junho e agosto, e as menores (1.900m³/s), entre dezembro e janeiro.²⁰

Devido às características geomorfológicas e hidrodinâmicas, a onda de cheia só atinge a região de Corumbá dois ou três meses depois, e a região de Porto Murtinho cerca de cinco meses depois.²¹ Em Cáceres (MT), a maior vazão média ocorre no mês de março, final do período chuvoso; em Porto São Francisco (MS), acontece em abril e maio; em Corumbá/Ladário (MS), no trecho médio brasileiro, entre abril e julho, e em Porto Murtinho (MS), no final da bacia, é maior entre junho e agosto, em ambos os casos, completamente fora do período chuvoso. Pouco mais ao sul de Ladário, em Porto Esperança, o rio Paraguai apresenta um primeiro pico de enchente em fevereiro-março, originado das descargas dos tributários do sul da bacia (Miranda, Aquidauana,

nômicos do Pantanal, 1. 1984, Corumbá. *Anais*. Brasília: EMBRAPA-DDT, (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5), 1986. p. 43-49.

²² CARVALHO, N. O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. *Op. cit.*

Negro e Taquari). Estes aspectos demonstram que o Pantanal funciona como um grande reservatório que retém a maior parte da água oriunda do planalto e regulariza a vazão do rio Paraguai em até cinco meses entre as vazões de entrada e saída. Além do comportamento sazonal, o fenômeno das enchentes apresenta uma periodicidade plurianual, com alternância de períodos de seca e de cheia²² (figura 2).

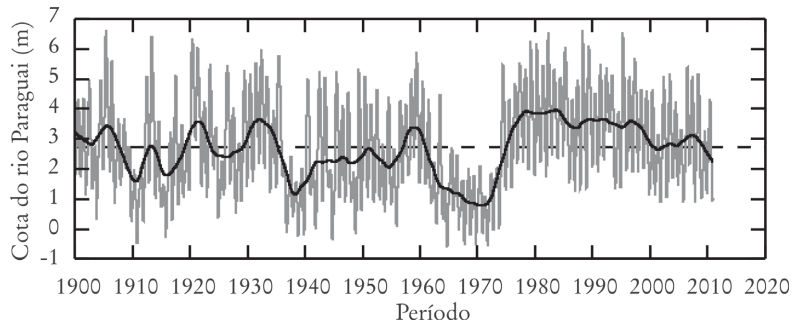


Figura 2: Cotas diárias do rio Paraguai medidas na régua de Ladário (MS), em cinza, e visualização das variações interanuais dessazonalizadas por meio de procedimento estatístico, entre 1º de janeiro de 1900 e 31 de dezembro de 2010, em preto. Fonte: VI Distrito Naval – Marinha do Brasil, modificado de Mourão *et al.*²³

²³ MOURÃO, G. M.; OLIVEIRA, M. D.; CALBEIROS, D. F.; PADOVANI, C. R.; MARQUES, E. J. & UETANABARO, M. O. Pantanal Mato-Grossense Site 2. In: SEELIGER, U.; CORDAZZO, C. & BARBOSA, F. (Org.). *Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração*. Belo Horizonte: CNPq/MCT, 2002. p. 29-50.

²⁴ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. *Op. cit.*

O balanço hídrico simplificado, com a finalidade de estimar a evapotranspiração real média nas regiões hidrográficas, segundo os dados da ANA, demonstra que a Região Hidrográfica do Paraguai é a que apresenta maiores valores de evapotranspiração, totalizando 1.193mm (85% da precipitação), superando a média do país, que é de 80% da precipitação média. A presença do Pantanal, com grandes superfícies úmidas associadas a elevadas temperaturas, favorece a evaporação.²⁴

Na margem direita do rio Paraguai, e conectadas a ele, há uma série de lagoas (“baías”) extensas, cercadas por áreas mais altas (“morrarias”), denominadas Uberaba, Gaíva, Mandioré, Vermelha, Castelo, Cáceres (em território boliviano), Negra e Jacadigo, que também funcionam como reservatórios de água na fase hidrológica de seca, contribuindo para as vazões do rio Paraguai nesta fase.

Uma vez na planície pantaneira, os rios apresentam drenagem diferenciada, perdem e/ou recebem contribuições da área de inundação. O rio Taquari, por exemplo, não tem tributários na planície, apresenta apenas fluxo divergente que espalha suas águas formando um dos maiores deltas internos do mundo.²⁵ Deste modo, a drenagem da planície

²⁵ ASSINE, M. L. & SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, 114:23-34, 2004.

²⁶ CARVALHO, N. O. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. *Op. cit.*

pantaneira é complexa. Segundo Carvalho²⁶, é constituída por: pequenos cursos d'água (córregos); linhas de drenagem de moderada declividade, mas sem canal bem desenvolvido (vazantes); vazantes com seção definida (corixos ou corixões), lagos e lagoas (baías), e lagoas ou antigos meandros marginais. A região da Nhecolândia, localizada no leque aluvial do rio Taquari, apresenta como característica geomorfológica milhares de lagoas predominantemente circulares, que, de acordo com as características limnológicas diferenciadas que possuem, são denominadas regionalmente como "baías", "salitradas" e "salinas".

2. Água Subterrânea

Na Região Hidrográfica do Paraguai, os principais sistemas aquíferos porosos estão localizados na porção leste, região do planalto que constitui a Bacia Sedimentar do Paraná. São os sistemas aquíferos Furnas, Ponta Grossa e Guarani, os quais são explorados predominantemente sob condições livres. O Sistema Aquífero Furnas apresenta espessura média de 300m, poços com vazão média de 17m³/h e profundidade média de 124m. O Sistema Aquífero Ponta Grossa apresenta espessura média de 300m, poços com vazão média de 6.000L/h e profundidade média de 150m. Nas regiões das bacias dos rios Taquari e Miranda, encontra-se parte da área de recarga do sistema Aquífero Guarani (Formações Botucatu e Pirambóia), com aproximadamente 29.000km². Em condições livres, a produtividade média dos poços é de 13m³/h, sua profundidade média é de 113m e de 250m a média de sua espessura. A Região Hidrográfica estende-se pelas áreas de ocorrência de rochas sedimentares ou metassedimentares associadas a rochas calcárias. De forma geral, as rochas sedimentares constituem os melhores aquíferos em termos de produtividade de poços e reservas hídricas. Na Região Hidrográfica do Paraguai, as áreas de recarga em relação à distribuição em outras regiões dos países são as seguintes: Guarani, com 8,9%; Bauru-Caiuá, com 4,3%; Furnas, com 3,2%; Serra Geral, com 3,1%; Ponta Grossa, com 2,9%; e Parecis, com 1,8%.²⁷

²⁷ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai. Op. cit.*

As atividades agropecuárias na região de recarga dos aquíferos necessitam ser reavaliadas quanto a maiores cuidados no manejo, em função do elevado potencial de contaminação desses mananciais por fertilizantes e pesticidas. É especialmente o caso da região de São Gabriel do Oeste (MS), caracterizada por elevado potencial de contaminação das áreas de recarga pelo alto poder poluidor dessa atividade, à qual se soma expressiva atividade de suinocultura.²⁸

²⁸ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai. Op. cit.*

Interação rio-planície de inundação: o Pantanal

Formado pela interação das planícies de inundação de toda a malha hidrográfica da Bacia do Alto Paraguai, o Pantanal representa a maior planície contínua de inundação do planeta (figura 1), com uma superfície de cerca de 140 mil km², inserida na BAP, com baixas declividades de leste para oeste (30 a 50cm/km) e menores ainda de norte para o sul (3 a 15cm/km).²⁹ O rio Paraguai, em sua porção brasileira, drena a planície pantaneira – um vasto complexo de deltas internos, que retarda e modifica o escoamento superficial de toda a bacia de drenagem, caracterizando expressivo “efeito de planície”, por causa do elevado grau de contato rio-planície. A área de inundação, além de modular o regime de descargas, estabiliza a hidroquímica do rio e reduz substancialmente o escoamento superficial pelo aumento das perdas por evaporação.³⁰ Extensas áreas permanecem submersas por inundação (rios) ou alagamento (chuvas mais elevação do nível do lençol freático) por até 8 meses de um ano hidrológico. A área submersa pode atingir cerca de 70% da área total, considerando-se as áreas inundadas/alagadas classificadas como de média e longa duração (4-6 meses e 6-8 meses, respectivamente).³¹

O clima é quente e úmido no verão, e frio e seco no inverno, com temperatura média anual de 25°C, sendo que, nos meses de setembro a dezembro, as temperaturas máximas absolutas ultrapassam 40°C. Entre maio e julho, a temperatura manifesta declínio significativo, causado pela entrada de massas de ar frio. A média das temperaturas mínimas fica abaixo de 20°C, e as mínimas absolutas, próximas de 0°C.³² Segundo Köppen, o clima predominante é Aw – clima de Savana – com temperaturas médias anuais variando entre 22,5 e 26,5°C. O mês de novembro é o mais quente (média de 27°C) e o de julho, o mais frio (média de 21°C). A precipitação média anual é de 1.398mm, variando entre 800 e 1.600mm, sendo os maiores valores observados nas áreas de planalto. O período chuvoso ocorre entre outubro e abril.³³

O pulso de inundação constitui o fator principal que rege o funcionamento de rios com planície de inundação.³⁴ No Pantanal, o ciclo anual de cheia e seca rege a estrutura e dinâmica da biodiversidade, pois ora favorece as espécies animais e vegetais relacionadas à fase de seca, ora favorece as espécies relacionadas à fase de cheia. Além disso, uma fase favorece a outra, à medida que, por exemplo, as espécies vegetais que se desenvolveram na fase seca e que mor-

²⁹ BRASIL. *Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai...* Op. cit. BRASIL. *Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai...* Op. cit.

³⁰ HAMILTON, S. K.; SIPPPEL, S. J.; CALHEIROS, D. F. & MELACK, J. M. An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River. *Limnology and Oceanography*, 42:257-272, 1997.

³¹ BRASIL. *Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai...* Op. cit.

³² BRASIL. *Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai...* Op. cit.

³³ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai.* Op. cit.

³⁴ JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B. & SPARKS, R. E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: DODGE, D. (Ed.). Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106:110-127, 1989.

³⁵ CALHEIROS, D. F. & FERREIRA, C. J. A. *Alterações limnológicas do rio Paraguai e o fenômeno natural de mortalidade de peixes ("Dequada") no Pantanal Mato-grossense*. Corumbá: EMBRAPA, 1997. 48 p. (CPAP/Boletim de Pesquisa, 7). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP07.pdf> Acesso em 11 de julho de 2010.

³⁶ JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B. & SPARKS, R. E. *Op. cit.*

³⁷ HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; CALHEIROS, D. F. & MELACK, J. M. *Op. cit.*

CALHEIROS, D. F. & FERREIRA, C. J. A. *Op. cit.*
CALHEIROS, D. F. & HAMILTON, S. K. Limnological conditions associated with natural fish kills in the Pantanal wetland of Brazil. *Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 26:2189-2193, 1998.

CALHEIROS, D. F.; SEIDL, A. F. & FERREIRA, C. J. A. Participatory research methods in environmental science: local and scientific knowledge of a limnological phenomenon in the Pantanal wetland of Brazil. *Journal of Applied Ecology*, 37:684-696, 2000.

³⁸ CALHEIROS, D. F. *Influência do pulso de inundação na composição isotópica ($\delta^{13}C$ e ^{15}N) das fontes primárias de energia na planície de inundação do rio Paraguai (Pantanal-MS)*. CENA/Universidade de São Paulo: Piracicaba-SP. Tese de doutorado. 2003. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/teses/online/TSE05.pdf> Acesso em 14 de agosto de 2005.
BASTVIKEN, D.; SANTORO, A. L.; MAROTTA, H.; PINHO, L. Q.; CALHEIROS, D. F.; CRILL, P. & ENRICH-PRASTI, A. Methane emissions from Pantanal, South America, during the low water season: toward More comprehensive sampling. *Environmental Science Technology*. 2010.

reram durante a inundação fornecerão nutrientes e sais à água como resultado da decomposição desta matéria orgânica submersa, os quais contribuirão para o desenvolvimento das espécies vegetais da fase aquática e vice-versa. Segue-se a esta entrada expressiva de matéria e energia, uma grande produtividade de macrófitas, que promove a autodepuração do sistema através da filtração e incorporação de nutrientes³⁵ exportados rio abaixo, contribuindo para o enriquecimento de nutrientes e aumento da produção em áreas a jusante, bem como para a dispersão de espécies.

Ainda segundo Junk *et al.*³⁶, a manutenção de um estado inicial de sucessão nestas planícies, em consequência da renovação constante através do pulso de inundação, favorece a alta produtividade. Teoricamente, a produção depende da natureza do pulso de inundação. Em bacias com rápidas taxas de drenagem, um aumento rápido é seguido por quedas rápidas, o que não é vantajoso, em termos adaptativos, à biota aquática associada. No Pantanal, o deslocamento lento da água pela interação rio Paraguai/planície, refletido na sua hidrógrafa unimodal, propicia tais condições de alta produtividade. Na planície, um exemplo muito particular da influência dos processos hidroecológicos na extensa área de interação rio-planície é um fenômeno natural chamado localmente como "decoada", que ocorre durante o início da fase de enchente. Nesta fase, uma série de transformações naturais na qualidade da água (água de decoada) é resultante da interação inicial entre a água de inundação e o solo previamente seco, dando início à decomposição do material orgânico recém-submerso, principalmente gramíneas que se desenvolveram rapidamente na fase de seca, tornando-se facilmente decompostas. Apresentam-se, ainda, alterações na cor da água – devido ao carbono orgânico dissolvido – diminuição da concentração do oxigênio dissolvido e do pH, aumento da condutividade elétrica e das concentrações de dióxido de carbono, metano e nutrientes (como nitrogênio e fósforo). Dependendo da magnitude das mudanças na qualidade da água, pode ocorrer mortalidade de peixes da ordem de dezenas de milhares de toneladas, devido a anoxia e níveis elevados de dióxido de carbono³⁷ e metano³⁸, com influência acentuada na estrutura, composição e dinâmica de outros componentes da biota aquática³⁹, conforme demonstram vários estudos recentes, alguns ainda não publicados, sobre zooplâncton e bentos⁴⁰. Oliveira *et al.*⁴¹ observaram o efeito da decoada sobre o molusco invasor mexilhão dourado, fenômeno que representa uma forma de controle natural de sua população no Pantanal.

³⁹ CALHEIROS, D. F. *Influência do pulso...* Op. cit. OLIVEIRA, M. & CALHEIROS, D. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiology*, 427:102-112, 2000.

⁴⁰ ANDRADE, M. H. (em elaboração) *Macroinvertebrados bentônicos e o fenômeno da "decoada" (alterações dos parâmetros limnológicos)*, Pantanal do rio Paraguai-MS. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Ecologia – Instituto de Biociências. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Desde 1988, a Embrapa Pantanal realiza o monitoramento de um ponto de coleta a montante da área urbana de Corumbá e Ladário (MS), em plena área de inundação e no trecho médio do rio Paraguai em território brasileiro. Portanto, a montante de fontes de contaminação por efluentes urbanos e também distante das maiores cidades da parte norte da bacia (MT), como Cuiabá, Cáceres e Rondonópolis. Dessa forma, a distância e a interação rios-planície de inundação promovem a autodepuração dos efluentes, incluindo os provenientes de atividades agrícolas e industriais. Os valores máximos, mínimos e médios de alguns parâmetros de qualidade de água são apresentados na tabela 1, para que se possa ter uma ideia dos níveis de variação, em especial dos nutrientes (valores máximos na época de ocorrência do fenômeno da decoada) e gases respiratórios.

Tabela 1: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão de alguns parâmetros limnológicos do rio Paraguai a montante da área urbana de Corumbá (MS) e da régua limnimétrica de Ladário (MS), monitorados desde 1988 pela Embrapa Pantanal

Parâmetros Valores ↓	T água °C	OD mg/L	pH	Condt. μS/cm	Alc. μeq/L	CO ₂ L mg/L	NT μg/L	PT μg/L	Clorof. μg/L	Secchi m	Turb. NTU
Máx.	34,0	9,2	7,4	120,0	1112,3	123,4	1790,0	188,1	11,1	144,0	94,1
Mín.	17,9	0,0	5,1	31,4	118,7	1,1	101,4	11,9	0,0	0,1	0,4
Média	27,6	4,1	6,5	48,5	430,1	18,6	502,3	58,0	2,1	4,5	31,0
dp	3,3	2,0	0,4	8,7	105,0	22,0	226,7	34,8	2,6	18,2	25,3

Onde: T água= temperatura da água; OD= oxigênio dissolvido; Condt. = condutividade elétrica; Alc.= alcalinidade; CO₂L= gás carbônico dissolvido; NT= nitrogênio total; PT= fósforo total; Clorof.= clorofila-a; Secchi= transparência da água medida por Disco de Secchi; Turb.= turbidez; Máx.= máximo; Mín.= mínimo; dp= desvio padrão da média. Os métodos utilizados para determinação desses parâmetros são citados em Oliveira & Calheiros⁴²

⁴¹ OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; CALHEIROS, D. F. & JACOBI, C. M. Oxygen depletion events control the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in a tropical floodplain. *Wetlands*, 30(4):705-716, 2010. OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M. & HAMILTON, S. K. Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei*. *Biological Invasions*, 13:717-729, 2011.

⁴² OLIVEIRA, M. D. & CALHEIROS, D. F. Op. cit., 2000.

Ameaças

O papel da planície de inundação na regulação das características hidrológicas, biogeoquímicas e ecológicas desse sistema tem-se modificado devido a alterações antrópicas, principalmente as relacionadas a ações de regulação do regime hidrológico (barragens, diques, dragagens, retificação de curvas, erosão/assoreamento). Nas últimas quatro décadas, toda a bacia do Alto Paraguai vem sofrendo pressões de desenvolvimento econômico cada vez maiores, o que acarreta perdas ambientais e, portanto, sociais. São exemplos dessas intervenções antrópicas os processos de assoreamento relacionados ao mau uso dos recursos solo-água, principalmente

⁴³ CASARIN, R. *Op. cit.*

⁴⁴ MONITORAMENTO. *Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira, Período de Análise: 2002 a 2008*. Brasília: CI – Conservação Internacional, ECOA – Ecologia e Ação, Fundação AVINA, Instituto SOS Pantanal, WWF-Brasil, 2009. Relatório Técnico. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?25181/Monitoramento-das-alteracoes-da-cobertura-vegetal-e-uso-do-solo-na-Bacia-do-Alto-Paraguai> Acesso em 22 de abril de 2010.

⁴⁵ HYLANDER, L. D.; MEILI, M.; OLIVEIRA, L. J.; SILVA, E. C. *et al.* Relationship of mercury with aluminum, iron and manganese oxyhydroxides in sediments from the Alto Pantanal, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 260:97-107, 2000. KUNO, R. *Avaliação da contaminação por mercúrio em peixes do Alto Pantanal – Mato Grosso, Brasil*. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, Universidade, 2003.

⁴⁶ MIRANDA, K.; CUNHA, M. L. F.; DORES, E. F. G. C. & CALHEIROS, D. F. Pesticide residues in river sediments from the Pantanal Wetland, Brazil. *Journal of Environmental Science and Health – Part B*, 43(8):1-6, 2008. DORES, E. F. G. C. & CALHEIROS, D. F. Contaminação por agrotóxicos na bacia do rio Miranda, Pantanal (MS). Resumos Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul, 2. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 3, Suplemento especial, 2008. p. 202-205. Disponível em: [http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php?journal=rbagroecologia&page=article&op=viewFile&path\[\]=7644&path\[\]=5511](http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php?journal=rbagroecologia&page=article&op=viewFile&path[]=7644&path[]=5511). Acesso em 7 de junho de 2009. CALHEIROS, D. F.; FERACINI, V. L. & QUEI-

no planalto circundante, devido à expansão da área agrícola (em especial monoculturas de soja, algodão e milho em conjunto com pastagens plantadas), à mineração de ouro (Pocóné – MT) e diamante (Diamantino e Alto Paraguai – MT, onde se localizam as nascentes do rio Paraguai) na parte norte da bacia⁴³, e ao desmatamento elevado na região do planalto (cerca de 60% – entre 50 e 80% em algumas sub-bacias). O desmatamento atinge as nascentes e as matas ciliares da região de cabeceiras e trechos médios dos principais rios, bem como áreas de planície (cerca de 13%) devido à demanda por carvão vegetal para abastecimento de siderúrgicas em Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo. A pecuária é mais representativa na BAP, respondendo por 11,1% e 43,5% das áreas alteradas da planície e do planalto respectivamente. Os cultivos agrícolas representam apenas 0,3% da área da planície e 9,9% do planalto.⁴⁴

Outro impacto importante é a contaminação ambiental pelo metal pesado mercúrio (resultante da mineração de ouro⁴⁵), por pesticidas (principalmente herbicidas – atrazina – e inseticidas – λ -cialotrina e DDT, substância de uso proibido no Brasil), detectados em vários rios formadores do Pantanal.⁴⁶ Os princípios ativos dessas substâncias produzem efeitos negativos potenciais, respectivamente em algas e organismos como zooplâncton e larvas de peixes⁴⁷. Também agem de forma nociva os efluentes urbanos das maiores cidades da região, como a área metropolitana de Cuiabá/Várzea Grande, com cerca de 800 mil habitantes.⁴⁸ Além da degradação das áreas de nascentes causada pela mineração de diamante e do mau uso do solo pelas atividades agropecuárias, a extração de ouro e de diamante requer o revolvimento de milhões de toneladas de terra, porque os veios minerais estão a vários metros de profundidade. A terra removida é depositada nos arredores das escavações, que, neste caso, estão às margens dos rios. Nesses garimpos, não há qualquer planejamento de recuperação da área degradada, e, tampouco, qualquer sistema de controle ambiental. Os sedimentos abandonados formam “montanhas” de terra que, com as chuvas ou mesmo as águas usadas na lavagem do cascalho, são carregadas para as áreas mais baixas do vale, aumentando a produção de sedimentos em suspensão e atingindo o leito dos rios.⁴⁹

O exemplo de uma sub-bacia com graves problemas ambientais é a do rio Taquari (MS), cujo aumento expressivo do processo de assoreamento natural, característico de bacias sedimentares, resultou em perdas expressivas na produção pesqueira e na navegabilidade, gerando uma área de

- ROZ, S. C. N. Contaminação por agrotóxicos na Bacia do Alto Paraguai. Resumos do Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul, 3. 2010. Corumbá-MS. *Revista Brasileira de Agroecologia*, in press.
- ⁴⁷ MIRANDA, K. *et al.* *Op. cit.* DORES, E. F. G. C. & CALHEIROS, D. F. *Op. cit.* CALHEIROS, D. F.; FERACINI, V. L. & QUEIROZ, S. C. N. *Op. cit.*
- ⁴⁸ ZEILHOFER, P.; LIMA, E. B. N. R. & LIMA, G. A. R. Spatial patterns of water quality in the Cuiabá River Basin, central Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 123:41-62, 2006.
- ⁴⁹ CASARIN, R. *Op. cit.*
- ⁵⁰ CATELLA, A. C. *A pesca no Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil: Descrição, nível de exploração e manejo (1994-1999)*. Tese de Doutorado. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas, 2001. 351 p. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/teses/online/TSE02.pdf> Acesso em 3 de março de 2011.
- JONGMAN, R. H. G. (Ed.). *Pantanal-Taquari: Tools for decision making in Integrated Water Management*. Alterra Special Publication 2005/02 – Water for Food and Ecosystems Partners for Water 02.045. Alterra, Embrapa Pantanal, WL/Delft Hydraulics, ITC, Arcadis, Regenboog Advies. Wageningen: Alterra, 2005. Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/taquari/Taquari_final.pdf. Acesso em 21 fevereiro de 2011.
- GALDINO, S.; VIEIRA, L. M. & PELLEGRIN, L. A. *Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/Livro025.pdf> Acesso em 13 de novembro de 2010.
- ⁵¹ OLIVEIRA, M. D. & CALHEIROS, D. F. Características e dinâmica do rio Taquari, aproximadamente 5 mil km² permanentemente inundada que acarretou problemas sociais com perda de propriedades e êxodo rural.⁵⁰ O volume de sedimentos que adentram a planície originado das sub-bacias com suas nascentes no planalto aí permanece, o que pode alterar o regime das águas, influenciando a dinâmica das inundações. Por exemplo, no rio Taquari, na área de transição planalto-planície, o aporte de material em suspensão total (MST) para o Pantanal foi da ordem de 2 mil t/dia em período de seca, enquanto que na cheia o valor dobrou. As cargas de nitrogênio total (NT) variaram na ordem de 3,0-8,0t/dia, as de fósforo total (PT) de 1,0-2,0 t/dia, com vazões correspondentes na ordem de 160-290m³/s, respectivamente nas fases hidrológicas de seca e cheia.⁵¹ Tal fato demonstra a estreita relação que possui o uso do solo da região do planalto com a gestão dos recursos hídricos de toda a Região Hidrográfica⁵², fenômeno que vem ocorrendo em todas as sub-bacias.
- O rio Paraguai, uma das melhores vias navegáveis em seu estado natural, sofreu aumento expressivo da navegação por volta de 1995, após o processo de privatização do setor. Além disso, o tráfego passou a ser realizado muitas vezes de forma irregular por meio de embarcações desproporcionais à largura do rio, principalmente em seu trecho norte, onde o rio é mais estreito e meândrico. Tais ações provocam choques e desmoronamentos dos diques marginais e da mata ciliar, acarretando impactos nas características geomorfológicas de um dos trechos considerados chave na regulação hidrodinâmica do sistema.⁵³ O Projeto da Hidrovia Paraguai-Paraná ainda persiste como opção para desenvolver a infraestrutura de transporte da bacia do Prata, mas representa grandes impactos potenciais nos pulsos de inundação (intensidade e duração), com previsão de aumento das vazões e diminuição da área inundada em grande parte do sistema⁵⁴, com os consequentes impactos na produção pesqueira⁵⁵.
- A possibilidade de implantação, em Corumbá (MS), de pólos de indústrias pesadas como o Pólo Siderúrgico e o Pólo Gás-químico, subsidiados pelas reservas de minério de ferro e manganês da região e do gás natural da Bolívia (transportado pelo Gasoduto Brasil-Bolívia), além de projetos de implantação dos mesmos tipos de indústrias em Puerto Quijarro, no lado boliviano da fronteira, são preocupantes como fontes de contaminação por compostos de alta toxicidade.⁵⁶
- De acordo com Calheiros *et al.*⁵⁷, os prognósticos quanto à conservação do pulso de inundação natural de cada rio (variação de nível, vazão e periodicidade) do sistema

- rísticas e alterações limnológicas na bacia do rio Taquari. In: GALDINO; VIEIRA & PELLEGRIN (Eds.). *Impactos Ambientais e Socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 199-208.
- ⁵² BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. Op. cit.
- ⁵³ WWF. *Retrato da navegação no Alto Rio Paraguai: Relatório da expedição técnica realizada entre os dias 3 e 14 de novembro de 1999, no rio Paraguai, entre Cáceres (MT) e Porto Mutilho (MS)*. Brasília: WORLD WIDE FUND FOR NATURE-WWF, 2001. 63 p.
- ⁵⁴ LOURIVAL, R. F. F.; DA SILVA, C. J. & CALHEIROS, D. F. *et al.* Op. cit. HAMILTON, S. K. Potential effects of a major navigation project (Paraguay-Parana Hidrovia) on inundation in the Pantanal floodplains. *Regulated Rivers – Research & Management*, 15:298-299, 1999. IIRSA. *Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana – IIRSA*. Planificación Territorial Indicativa: Cartera de Proyectos IIRSA, 2010. IV.5. Eje de la Hidrovia Paraguay-Paraná. Disponível em: http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/lb10_seccion_iv_eje_hidrovia_paraguay_parana.pdf. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.
- ⁵⁵ CATELLA, A. C. Op. cit.
- ⁵⁶ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. Op. cit.
- ⁵⁷ CALHEIROS, D. F.; ARNDT, E.; RODRIGUEZ ORTEGA, E. & SILVA, M. C. A. Op. cit.
- ⁵⁸ ZEILHOFER, P. & MOURA, R. M. Hydrological changes in the northern Pantanal caused by the Manso dam: Impact analysis and suggestions for mitigation. *Ecological Engineering*, 35: 105-117, 2009.
- BAP/Pantanal merecem mais atenção ainda, uma vez que está previsto um total de 116 empreendimentos hidrelétricos na bacia, 44 já implantados e mais 72 barragens em processo de licenciamento, inventário, estudo de viabilidade e em fase de construção (figura 3). Do total de projetos previstos para BAP, 75% estão na região norte, no Estado de Mato Grosso, onde todos os principais tributários do rio Cuiabá, a principal sub-bacia responsável por 40% da água do sistema, já apresentam barramentos em seus principais afluentes (rios Manso/Casca, Itiquira, Correntes e São Lourenço). Também já foram constatadas alterações do pulso de inundação no rio Cuiabá pela influência da barragem de Manso. Tais alterações incluem⁵⁸ redução na vazão durante o começo das chuvas em cerca de 20% e aumento na fase de seca, resultando em elevação do nível em cerca de 1m, com implicações ecológicas e socioeconômicas, como a diminuição observada no desembarque pesqueiro em Cuiabá.⁵⁹
- Grande parte (73%) do total desses empreendimentos refere-se a Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), todavia muitas delas localizadas e/ou previstas para um mesmo rio, provocando impacto conjunto significativo, semelhante ao efeito de um reservatório de grande porte. Além disso, as PCHs mesmo operando a “fio d’água”, sem necessariamente formar reservatório, formam barreiras de altura elevada (10-40m)⁶⁰, resultando na retenção e, portanto, alteração da descarga de nutrientes e material em suspensão, importantes para o funcionamento ecológico da planície a jusante⁶¹. Por outro lado, é sabido que a presença de uma barreira física impede a movimentação das espécies de peixes migratórios na fase de piracema, afetando a produção pesqueira em médio e longo prazo.⁶² Dessa forma, vislumbra-se um cenário preocupante associado ao elevado potencial que tem o conjunto desses empreendimentos de alterar o regime de inundações sazonais e interanuais em toda a planície pantaneira, ameaçando, inclusive, a saúde ambiental da principal Unidade de Conservação e Sítio Ramsar do bioma, o Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, bem como a parte sul do Pantanal, no Estado de Mato Grosso do Sul. Contudo, discussões técnicas estão sendo realizadas com apoio do Ministério Público Federal⁶³ e do Ministério do Meio Ambiente (MMA), no âmbito do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e do Comitê Nacional de Zonas Úmidas⁶⁴, com base nas recomendações apresentadas em Calheiros *et al.*⁶⁵. A principal recomendação é que estudos sobre a alteração no pulso de inundação do

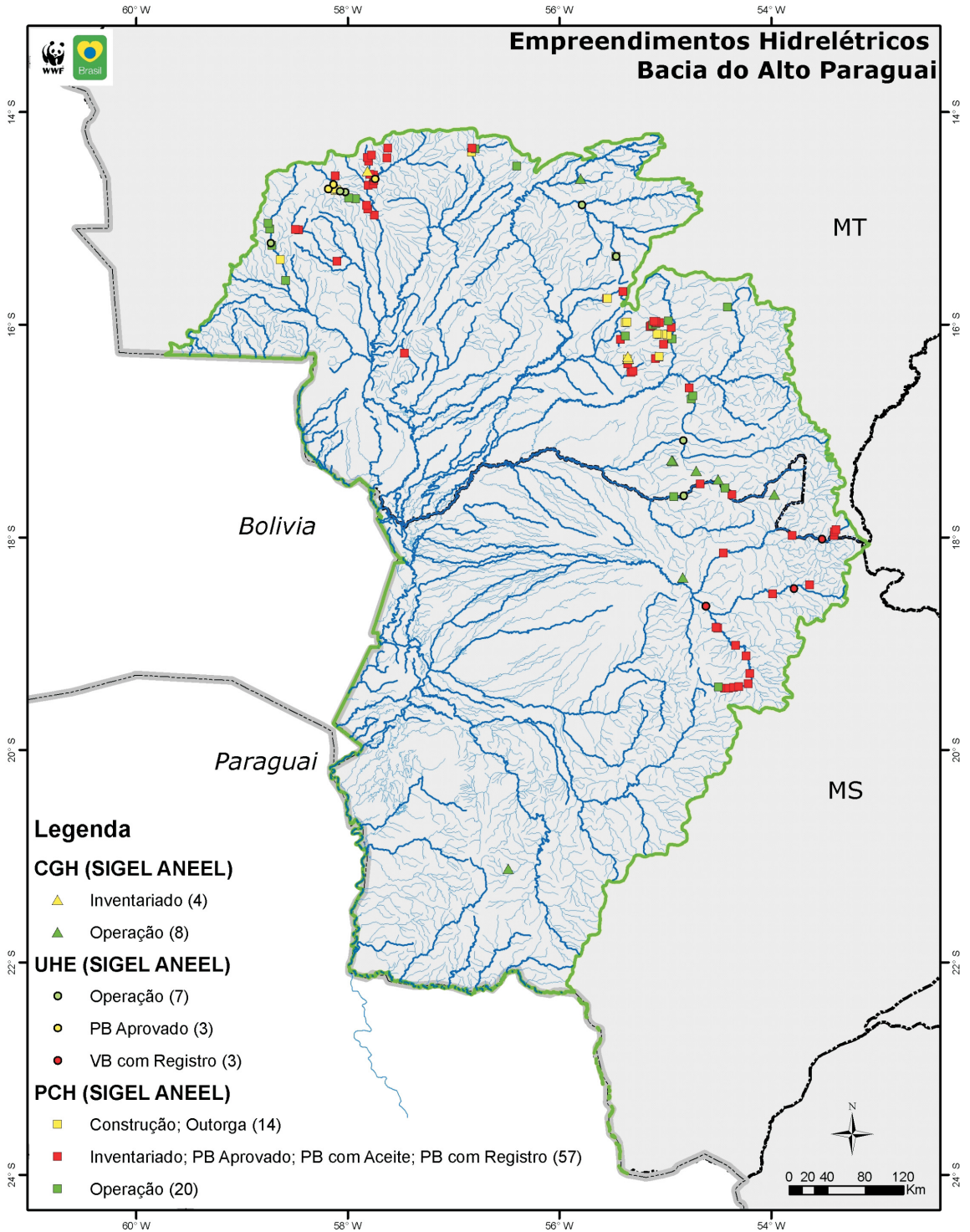


Figura 3: Localização das hidrelétricas atuais e previstas para o sistema BAP/Pantanal.
Fonte: ANEEL <http://sigel.aneel.gov.br/brasil/viewer.htm> e WWF-Brasil

⁵⁹ CATELLA, A. C. *Op. cit.*

⁶⁰ CALHEIROS, D. F.; ARNDT, E.; RODRIGUEZ ORTEGA, E. & SILVA, M. C. A. *Op. cit.*

⁶¹ SANTUCCI, V. J. Jr.; GEPHARD, S. R. & PESCI-TELLI, S. M. Effects of multiple low-head dams on fish, macroinvertebrates, habitat, and water quality in the Fox River, Illinois. *North American Journal of Fisheries Management*, 25:975-992, 2005.

⁶² WELCOMME, R. L. Relationships between fisheries and the integrity of river systems. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11: 121-136, 1995.

FERNANDES, R.; AGOSTINHO, A. A.; FERREIRA, E. A.; PAVANELLI, C. S.; SUZUKI, H. I.; LIMA, D. P. & GOMES, L. C. Effects of the hydrological regime on the ichthyofauna of riverine environments of the Upper Paraná River Floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 2 (suppl.), p. 669-680, 2009.

⁶³ MPF. Ministério Público Federal – Procuradoria da República no Município de Corumbá/MS. Ata de Audiência Pública: Empreendimentos hidrelétricos na Bacia do Alto Paraguai (BAP) – a exploração energética e a integridade ecológica do Pantanal. 19 p. Campo Grande – MS, 20 de julho de 2010. Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/pesca/online/PESCA2010_MPF_PRCM1.pdf. Acesso em 19 de janeiro de 2011.

⁶⁴ CNZU. Comitê Nacional de Zonas Úmidas, Secretaria de Biodiversidade e Florestas/MMA. Recomendação CNZU nº. 2, de 13 de maio de 2010. Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/pesca/online/PESCA2010_CNZU1.pdf. Acesso em 19 de janeiro de 2011.

⁶⁵ CALHEIROS, D. F.; ARNDT, E.; RODRIGUEZ ORTEGA, E. & SILVA, M. C. A. *Op. cit.*

⁶⁶ BUNN, S. E. & ARTHINGTON, A. H. Basic principles

sistema BAP/Pantanal, resultante do conjunto desses empreendimentos, sejam requeridos antes que tais empreendimentos sejam licenciados em separado; a esses estudos devem somar-se aqueles sobre a aplicação da vazão ambiental (ou hidrograma ecológico) para os rios já barrados, como recomendam Bunn & Arthington⁶⁶ e Postel & Richter⁶⁷, além do próprio MMA⁶⁸.

Um outro impacto relevante é a introdução de espécies invasoras, com ênfase na invasão do molusco bivalve, *Limnoperna fortunei*, ou mexilhão dourado, que vem causando impactos de ordem econômica e ambiental no Brasil. *L. fortunei* é nativo da China e sudeste da Ásia e foi introduzido no sistema do rio Paraná desde 1991. Na BAP, sua introdução foi facilitada pelo tráfego de barcaças regulares ao longo da hidrovía Paraguai-Paraná, que podem transportar os organismos incrustados no casco. A dispersão entre o rio Paraguai e afluentes tem sido mais lenta devido ao menor tráfego de embarcações.⁶⁹ A área de ocorrência atual deste mexilhão é restrita ao canal principal do rio Paraguai, lagoas marginais, e nas partes inferiores dos tributários, como os rios Cuiabá, Miranda e Apa. Além da seca que expõe os organismos fora da água, o fenômeno da decoada também regula a estrutura e dinâmica das populações de *L. fortunei*, controlando sua densidade. A presença de outros invasores do gênero *Corbicula* em grande parte da bacia,⁷⁰ conforme dados de Oliveira & Mansur (não publicados), fornece indícios de que o mexilhão dourado certamente alcançará a maioria dos seus ambientes aquáticos. A modelagem realizada por Oliveira *et al.*⁷¹ evidencia esta possibilidade, mostrando que a maioria dos rios da BAP possui de médio a alto potencial para receber a espécie. Deve-se salientar que os represamentos para aproveitamento hidrelétrico previstos para a bacia aumentam as chances de sobrevivência de *L. fortunei* e, portanto, sua multiplicação. Além dos moluscos, outras espécies exóticas foram introduzidas na região, como a gramínea africana do gênero *Brachiaria*, utilizada em substituição às pastagens nativas do Pantanal, e as espécies de peixes amazônicos tucunaré (*Cichla cf. monoculus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Conclusão

A maior parte dos impactos ambientais aqui discutidos ocorre na área do planalto circundante, mas com fortes influências na planície. A somatória de tais ações, em termos temporais e espaciais, gera alterações no funcionamento hidrodinâmico de rios e lagoas marginais e na qualidade

and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 30(4): 492-507, 2002.

⁶⁷ POSTEL, S. & RICHTER, B. *Rivers for life: Managing water for people and nature*. Washington: Island Press. 2003.

⁶⁸ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. *Op. cit.*

⁶⁹ OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; CALHEIROS, D. F. & JACOBI, C. M. *Op. cit.*

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M. & HAMILTON, S. K. *Op. cit.*

OLIVEIRA, M. D.; TAKE-DA, A. M.; BARROS, L. F.; BARBOSA, D. S. & RESENDE, E. K. Invasion of golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in the Pantanal wetland of Brazil. *Biological Invasions*, 8:97-104, 2006.

OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M. & LATINI, R. O. Modeling the potential distribution of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* in the Upper Paraguay River system using limnological variables. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3):831-840, 2010.

⁷⁰ CALLIL, C. T. & MANSUR, M. C. D. Corbiculidae in the Pantanal: history of invasion in southeast and central South America and biometrical data. *Amazon*, 17 (1/2):153-167, 2002.

⁷¹ OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M. & LATINI, R. O. *Op. cit.*

⁷² CALHEIROS, D. F. *Influência do pulso de inundação... Op. cit.*

⁷³ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai*. *Op. cit.*

⁷⁴ ANA. *Programa de Ações Estratégicas para o Gerencia-*

da água. Essas alterações vão refletir-se, a médio e longo prazo, na natureza e abundância relativa das fontes de carbono e das interações na cadeia alimentar aquática e terrestre (aves e répteis), tendo potencial para afetar, em particular, a oferta de itens alimentares para os peixes, influenciando, conseqüentemente, a produção pesqueira.⁷²

O número de áreas protegidas é inexpressivo para garantir a proteção do solo, a biodiversidade e as áreas de recarga, e ainda assegurar o suprimento e a disponibilidade de recursos hídricos no planalto e na planície, em áreas consideradas prioritárias. Essas áreas protegidas não alcançam, na região, a meta de 10% de cada bioma estabelecida pelo governo, em função da Convenção sobre Diversidade Biológica. Os corredores ecológicos sugeridos pela comunidade científica ainda não foram implementados. Áreas prioritárias para a conservação dos ecossistemas aquáticos na Região Hidrográfica do Paraguai foram propostas, mas também não há indicações de sua efetivação. Este conjunto de áreas prioritárias, se manejado apropriadamente, teoricamente contribuiria, em longo prazo, para a sobrevivência das espécies, das comunidades vegetacionais e dos sistemas ecológicos, bem como a ocorrência dos processos ecológicos-chave responsáveis pela manutenção da viabilidade dos alvos no Pantanal e BAP.⁷³

Estudos realizados recentemente pelo Plano de Proteção das Altas Cabeceiras do Rio Paraguai da ANA⁷⁴ demonstram que a utilização contínua dessas terras, sem o devido cuidado de preservação dos mananciais de água, vem comprometendo a qualidade ambiental da Bacia do Alto Rio Paraguai e, conseqüentemente, da qualidade das águas. Observa-se também que a recuperação das áreas degradadas é ainda irrisória. Por sua vez, o Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai⁷⁵, com base nas prioridades identificadas no Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP⁷⁶, prevê a implantação de um Programa de Ações Estratégicas (PAE)⁷⁷ que contemplará os principais investimentos para recuperação e conservação da bacia⁷⁸. Uma iniciativa importante do governo federal foi iniciar a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em algumas cidades peripantaneiras e pantaneiras como Cuiabá, Rondonópolis e Corumbá.

Segundo o MMA⁷⁹, a implantação de obras de infraestrutura energética é uma das maiores ameaças ao Pantanal, junto com o reiterado projeto da Hidrovia Paraguai-Paraná. Qualquer iniciativa dessa ordem requer cautela e estudos mais profundos, uma vez que pode implicar alterações no

mento Integrado... Op. cit.

⁷⁵ ANA. *Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai...* Op. cit.

⁷⁶ BRASIL. *Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal)...* Op. cit.

⁷⁷ ANA. *Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado...* Op. cit.

⁷⁸ ANA. *Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia...* Op. cit. ANA. *Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado...* Op. cit.

⁷⁹ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai.* Op. cit.

⁸⁰ BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai.* Op. cit.

⁸¹ BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil.* Op. cit.

⁸² BRASIL. *Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai.* Op. cit.

⁸³ BRASIL. *Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal)...* Op. cit.

Agradecimentos à equipe de apoio da Embrapa Pantanal, em especial aos colegas Maria Davina R. dos Santos, Egídia do A. Costa, Josias C. de Oliveira, Isac T. de Carvalho e Waldomiro Lima. Nossas pesquisas no rio Paraguai foram financiadas pelo Programa PELD/CNPq (Site 2, 520056/98-1) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Débora F. Calheiros é bióloga, doutora em Ciências e pesquisadora na área de Limnologia da Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul.

debora@cpap.embrapa.br

Márcia D. de Oliveira é bióloga, doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre e pesquisadora na área de Limnologia da Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul.

mmarcia@cpap.embrapa.br

pulso de inundações da planície pantaneira e comprometer os ecossistemas. A navegação exercida historicamente no rio Paraguai deve ser monitorada, para que se possa prever seus efeitos em toda a Região Hidrográfica, no que diz respeito à dinâmica da planície pantaneira. Ainda, segundo o MMA⁸⁰, o valor dos serviços atuais e futuros que um ecossistema natural como o Pantanal oferece ao homem é superior à soma dos valores provenientes das demais atividades econômicas produtivas. Além de implicações regionais em países fronteiriços, deve-se ter em mente o incalculável respeito à cultura das populações locais e tradicionais.

Os prognósticos para a solução/minimização de todos esses problemas não são alentadores. A gestão de recursos naturais (recursos hídricos e ambientais) é realizada sem adotar a bacia hidrográfica como unidade de ação (por exemplo, por meio de distintos Planos Estaduais de Recursos Hídricos ou Zoneamentos Ecológico-Econômico, bem como por legislações diferenciadas entre os dois Estados) e praticamente sem a participação da sociedade. Não existe ainda a implantação efetiva de políticas e projetos de recuperação de áreas degradadas, boas práticas agrícolas, de conversão agroecológica de culturas e respeito à legislação ambiental numa área considerada Reserva da Biosfera. Por considerar o Pantanal como Patrimônio Nacional, a Constituição Federal⁸¹ determina que se deva "...preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas" e que "... sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais...". Desse modo, o sistema BAP/Pantanal mereceria um olhar diferenciado e mais cauteloso, com base em ações de natureza preventiva e corretiva por meio de planejamento técnico e gestão participativa, para garantir a implantação de alternativas de desenvolvimento mais amigáveis e respeitando os processos ecológicos, no caso hidroecológicos, que regem o sistema. O Caderno de Região Hidrográfica do Paraguai⁸², um documento resultante do Plano Nacional de Recursos Hídricos⁸³ específico para a Bacia do Alto Paraguai, mostra estudos retrospectivos, avaliação de conjuntura e uma proposição de diretrizes e prioridades regionais com caráter estratégico para a conservação da região. Cabe a expectativa de que haja vontade política para que tais estratégias sejam realmente implantadas em prol da saúde ambiental do rio Paraguai e do Pantanal Mato-Grossense, visando a conservação da qualidade de vida de sua população atual e futura.